

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-77008

(P2002-77008A)

(43) 公開日 平成14年3月15日 (2002.3.15)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)		
H 0 4 B	7/08	H 0 4 B	7/08	D	5 J 0 2 1
H 0 1 Q	3/26	H 0 1 Q	3/26	Z	5 K 0 2 2
H 0 4 B	7/02	H 0 4 B	7/02	Z	5 K 0 5 9
	7/10		7/10	A	5 K 0 6 7
	7/26		7/26	B	
審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 10 頁) 最終頁に続く					

(21) 出願番号 特願2000-256549(P2000-256549)

(22) 出願日 平成12年8月25日 (2000.8.25)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 吉田 尚正

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100105511

弁理士 鈴木 康夫 (外1名)

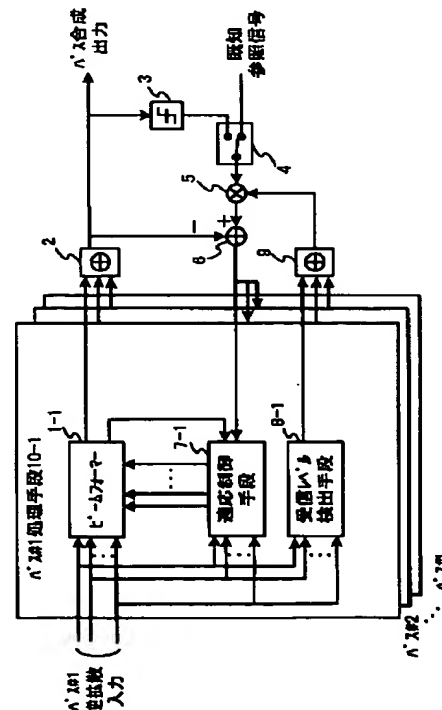
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 適応アンテナ受信装置

(57) 【要約】

【課題】 参照信号を受信レベルに応じて即応的に変化させることにより、適応制御の安定化を図る。

【解決手段】 ビームフォーマー1-1~1-Lは、各パスタイミングで希望ユーザの拡散符号を用いて逆拡散した逆拡散信号を入力とし、複素数の重み付け合成を行うことでパス毎に指向性ビームを形成する。適応制御手段7-1~7-Lは、ビームフォーマー1-1~1-Lで用いられるアンテナ重み係数を、誤差信号とビーム形成前の各アンテナの受信信号を用いて適応制御で求める。受信レベル検出手段8-1~8-Lは、各アンテナ毎の伝送路推定値からパス毎の受信レベルを検出し、加算器9は各パスの受信レベルを加算する。該加算信号は、乗算器5で既知参照信号又は判定信号と乗算され、減算器6で受信信号を減算されて誤差信号として適応制御手段7-1~7-Lに入力される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同一キャリアの複数ユーザの多重信号を複数アンテナで受信し、アンテナ指向性ビームを適応的に形成して希望ユーザ信号を受信するとともに他ユーザ干渉信号を抑圧する適応アンテナ受信装置において、アンテナ重み係数の適応制御に用いる誤差信号を生成するための参照信号のレベルをビーム形成前の各アンテナの受信レベルに基づき決定することを特徴とする適応アンテナ受信装置。

【請求項 2】 前記多重信号は、符号分割多重アクセス (CDMA) 信号であることを特徴とする請求項 1 記載の適応アンテナ受信装置。

【請求項 3】 前記アンテナ重み係数の適応制御に用いる誤差信号を生成するための参照信号のレベルを、ビーム形成前の各アンテナの各パス受信レベルの総和に基づき決定することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の適応アンテナ受信装置。

【請求項 4】 前記アンテナ重み係数の適応制御に用いる誤差信号を生成するための参照信号のレベルを、ビーム形成前の各アンテナの各パス受信レベルに基づきパス毎に決定することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の適応アンテナ受信装置。

【請求項 5】 符号分割多重アクセス (CDMA) 信号を複数アンテナで受信し、アンテナ指向性ビームを適応的に形成して希望ユーザ信号を受信するとともに他ユーザ干渉信号を抑圧する適応アンテナ受信装置において、アンテナ毎の逆拡散信号を受信信号として入力しアンテナ指向性ビームをパス毎に形成するビームフォーマーと、前記ビームフォーマーのパス毎のビームフォーマー出力を合成する第 1 の合成器と、前記第 1 の合成器の出力を送信信号に判定する判定器と、該判定された信号と既知参照信号を切り替えて参照信号を出力するスイッチと、前記受信信号を入力し各パスの受信レベルを検出する受信レベル検出手段と、前記受信レベル検出手段の出力である各パスの受信レベルを合成する第 2 の合成器と、前記第 2 の合成器の出力である参照信号レベルを前記参照信号に乗算する乗算器と、前記第 1 の合成器の出力から前記乗算器の出力を減算し誤差信号を生成する減算器と、前記受信信号と前記誤差信号を入力しアンテナ重み係数を計算しビームフォーマーへ出力する適応制御手段を有することを特徴とする適応アンテナ受信装置。

【請求項 6】 前記受信レベル検出手段は、パス毎に各アンテナの伝送路を推定するアンテナ素子毎伝送路推定手段と、前記アンテナ素子毎伝送路推定手段の出力の絶対値を計算する振幅検出手段と、前記振幅検出手段の出力をアンテナ素子間で平均するアンテナ素子間平均手段と、前記アンテナ素子間平均手段の出力を二乗する二乗手段を有することを特徴とする請求項 5 記載の適応アンテナ受信装置。

【請求項 7】 符号分割多重アクセス (CDMA) 信号

を複数アンテナで受信し、アンテナ指向性ビームを適応的に形成して希望ユーザ信号を受信するとともに他ユーザ干渉信号を抑圧する適応アンテナ受信装置において、アンテナ毎の逆拡散信号を受信信号として入力しアンテナ指向性ビームをパス毎に形成するビームフォーマーと、前記ビームフォーマーのパス毎のビームフォーマー出力を合成する合成器と、前記合成器の出力を送信信号に判定する判定器と、該判定された信号と既知参照信号を切り替えて参照信号を出力するスイッチと、前記受信信号を入力し各パスの受信レベルを検出する受信レベル検出手段と、前記受信レベル検出手段の出力である各パスの受信レベルを参照信号レベルとして前記参照信号に乗算する乗算器と、前記ビームフォーマーの出力から前記乗算器の出力を減算し誤差信号をパス毎に生成する減算器と、前記受信信号と前記誤差信号を入力しアンテナ重み係数を計算しビームフォーマーへ出力する適応制御手段を有することを特徴とする適応アンテナ受信装置。

【請求項 8】 前記受信レベル検出手段は、パス毎に各アンテナの伝送路を推定するアンテナ素子毎伝送路推定手段と、前記アンテナ素子毎伝送路推定手段の出力の絶対値を計算する振幅検出手段と、前記振幅検出手段の出力をアンテナ素子間で平均するアンテナ素子間平均手段を有することを特徴とする請求項 7 記載の適応アンテナ受信装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は適応アンテナ受信装置に関し、特に、符号分割多重アクセス (CDMA) 信号を受信し、アンテナ指向性ビームを適応的に形成して希望ユーザ信号を受信するとともに他ユーザ干渉信号を抑圧する適応アンテナ受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 符号分割多重アクセス (CDMA) 方式は加入者容量を増大できる可能性があり、次世代の移動通信セルラーシステムの無線アクセス方式として期待されている。しかし、基地局受信側では同一キャリアで同時アクセスする他ユーザ信号が干渉となる問題がある。これらの干渉を除去する方法にアレーアンテナがある。

【0003】 アレーアンテナは複数のアンテナで信号を受信し、複素数の重み付け合成を行うことで各アンテナの受信信号の振幅、位相を制御して指向性ビームを形成し、希望ユーザ信号を受信するとともに他ユーザ干渉信号を抑圧する。この指向性ビームを、適応制御を用いて形成するものが適応アレーアンテナである。

【0004】 適応アンテナ受信装置は一般に図 7 に示す構成を有している。移動通信環境におけるマルチパス伝搬路に対応して、適応アンテナ受信装置は、パス数に相当する L 個のパス処理手段を有しており、L 個の各パスに対してそれぞれ指向性ビームを形成して受信し、それらの受信信号を合成してさらに高品質な受信信号を得

る。

【0005】図7において、ビームフォーマー101-1~101-Lは、各バスタイミングで希望ユーザの拡散符号を用いて逆拡散した逆拡散信号を入力とし、複素数の重み付け合成を行うことでパス毎に指向性ビームを形成する。

【0006】合成器102は、各ビームフォーマーの出力を合成する。判定器103は、受信信号を送られた可能性の最も高い送信信号に判定し、ユーザ判定シンボルとして出力する。スイッチ104は、既知参照信号がある場合には既知参照信号を、既知参照信号がない場合には判定信号を参照信号として用いるように切り替える。減算器105は、参照信号から受信信号を減算し誤差信号を生成する。

【0007】適応制御手段106-1~106-Lは、各パスのビームフォーマーで用いられるアンテナ重み係数を、誤差信号とビーム形成前の受信信号を用いて適応制御で求める。適応制御として一般に最小二乗平均誤差制御(MMSE)が用いられる。誤差信号を用いるアンテナ重み係数の適応更新アルゴリズムにはLMS (Least Mean Square)、NLMS (Normalized LMS)、RLS (Recursive Least Square) アルゴリズムが知られている。

【0008】図9は、各パスのビームフォーマーで形成されるビームパターンの利得を示している。図9では2パスの場合を表しており、希望信号の各パス方向に高い利得を向けるとともに干渉信号方向の利得を低く抑えている。適応制御を用いるアレーアンテナではビームを希望信号方向へ向けるだけでなく利得の極めて低いポイント(ヌル)を干渉方向に向けることで受信SINR (Signal to Interference and Noise Ratio) を最大とする制御が行われる。

【0009】適応アンテナ受信装置の他の従来例として、田中、佐和橋、安達らによる文献「Pilot Symbol-Assisted Decision-Directed Coherent Adaptive Array Diversity for DS-CDMA Mobile Radio Reverse Link」(IEICE Trans. vol. E80-A, pp. 2445-2454, Dec 1997)や「W-CDMAにける各ユーザ毎のアンテナウェイトを生成する適応アンテナアレイダイバーシチ受信の特性」(信学技報, RCS99-100, 1999年8月)に記載された方式がある。

【0010】これらの方式の基本構成を図8に示す。ビームフォーマー121-1~121-Lは、各バスタイミングで希望ユーザの拡散符号を用いて逆拡散した逆拡

$$\mathbf{w}_{\text{NLMS}}(i, j, n+1) = \mathbf{w}_{\text{NLMS}}(i, j, n) + \frac{\lambda_{\text{NLMS}}}{P(i, n)} \mathbf{x}(i, j, n) h_n(i, n) \mathbf{e}^*(n)$$

ここで、 $\mathbf{x}(i, j, n)$ は、各アンテナ受信信号の逆拡散信号、 $P(i, n)$ はパス毎の各アンテナの逆拡散信号の総電力、 $h_n(i, n)$ は振幅1に正規化した伝送路推定値であり、ビームフォーマー121-1~12

散信号を入力とし、複素数の重み付け合成を行うことでパス毎に指向性ビームを形成する。

【0011】図6にビームフォーマー121-1~121-Lの実施例を示す。複素乗算器61-1~61-N (Nはアンテナ素子数)と合成器62は、ビームフォーマーの基本部分を構成している。伝送路推定手段63、複素共役手段64、複素乗算器65は、伝送路補正手段66を構成しており、合成器62の出力であるビーム形成された受信信号を用いて、伝送路の振幅、位相変動の補正を行う。

【0012】この機能は伝送路変動が遅い場合には必要なく、アンテナ重み係数自体で伝送路の振幅、位相変動を補正できる。伝送路変動が速い場合には適応制御によるアンテナ重み係数更新速度では伝送路補正が間に合わないため、伝送路補正機能を別に分離して設け、アンテナ重み係数では希望信号の伝送路補正は行わず、信号の到来方向のみを追従する長時間平均したビーム形成を行う。

【0013】伝送路補正手段66は、ビーム形成機能には直接関係しないが、ここでは便宜上、ビームフォーマー121-1~121-Lに含めている。伝送路推定手段63の出力である伝送路推定値は、適応制御手段127-1~127-Lでも用いられる。合成器122は、ビームフォーマー121-1~121-Lの出力を合成する。判定器123は、受信信号を送られた可能性の最も高い送信信号に判定する。

【0014】スイッチ124は、既知参照信号がある場合には既知参照信号を、既知参照信号がない場合には判定信号を参照信号として用いるように切り替える。乗算器125は、既知参照信号または判定信号と平均手段130の出力である参照信号レベルを乗算する。減算器126は、参照信号から受信信号を減算して誤差信号を生成する。

【0015】適応制御手段127-1~127-Lは、ビームフォーマー121-1~121-Lで用いられるアンテナ重み係数を誤差信号とビーム形成前の受信信号を用いて適応制御で求める。上記文献ではNLMSアルゴリズムを用いてアンテナ重み係数の更新を行っている。

【0016】一例として、アンテナ重み係数 $\mathbf{w}_{\text{NLMS}}(i, j, n)$  ( $i$ はパス番号、 $j$ はアンテナ番号、 $n$ はシンボル番号)は以下の更新式を用いて計算される。

【数1】

1-Lから供給される伝送路推定値を用いて計算される。 $\lambda_{\text{NLMS}}$ はNLMSのステップサイズである。 $\mathbf{e}(n)$ は誤差信号であり次式で表される。

$$\mathbf{e}(n) = \mathbf{A}(n) \mathbf{z}_R(n) - \mathbf{z}(n)$$

$z(n)$  は受信信号、 $z_R(n)$  は参照信号で判定信号あるいは既知参照信号である。 $A(n)$  は参照信号レベルである。

【0017】図8において、参照信号レベル $A(n)$ はビームフォーマー121の出力である伝送路推定値に基づき計算される。受信レベル検出手段128-1~128-Lは、伝送路推定値からパス毎の受信レベルを検出し、加算器129は、各パスの受信レベルを加算する。平均手段130は、加算レベルを平均化する。平均手段130の有無、あるいはその平均時間は任意である。

【0018】図5に受信レベル検出手段128-1~128-Lの一例を示す。振幅検出手段141は、伝送路推定値（複素数）の絶対値（振幅）を検出する。二乗手段142は、振幅検出手段141の出力の二乗（電力）を計算する。参照信号レベル $A(n)$ は次式で表される。

【数2】

$$A(n) = \sum_{i=0}^{N_{AVR}} \sum_{i=0}^{L-1} |h(i, n)|^2$$

ここで、 $N_{AVR}$ は、平均手段130の平均時間である。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】従来例の適応アンテナ受信装置は、アンテナ重み係数を長時間平均する低速MSE適応制御を行うことで定常特性に優れている。しかし、高速なフェージング環境などではアンテナ重み係数でフェージングの振幅、位相変動を補正することができない。そこで位相変動についてはビームフォーマーの出力に別に伝送路補正手段を置いて補正を行っている。

【0020】しかし、受信レベル変動に対しては参照信号として規定値を用いる場合には、受信信号と参照信号との間にレベル差が生じ希望信号自身で誤差を生じてしまい動作が不安定となる。特に、高速送信電力制御（TPC）を併用している場合には、初期収束過程で短時間に希望信号を抑圧し、TPCが発散してしまう現象が見られる。

【0021】また、受信レベルに応じて参照信号を決定する方法として、従来例にあるようにビーム形成後の受信レベルを参照信号に用いる場合、ビーム利得が低下した場合に同時に参照信号レベルも低下するため、ビームの利得方向を調整する力が働かず長期的に利得が低下する現象が見られる。従って、この方法では希望信号の到来方向変化への追従能力が低下する場合がある。

【0022】この追従能力の低下は参照信号レベルの平均化を行うことで改善できるが、これは、信号レベルの平均時間 $N_{AVR}$ を大きく設定することに相当し、この平均時間を大きくすると受信レベルの変動に即応できなくなるため、結果的に規定値を用いる場合と変わらなくなる。

【0023】本発明の目的は、参照信号を受信レベルに応じて即応的に変化させることにより、適応制御の安定化を図ることができる適応アンテナ受信装置を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明の適応アンテナ受信装置は、ビーム形成前の各アンテナの信号レベルを参照信号に乗じることを特徴とする。ビーム形成前の各アンテナの受信レベルはビーム利得の影響を受けないため、参照信号レベルの基準として好ましい。ビーム形成前の各アンテナの受信信号のSINRはかなり低くなるが、アンテナ素子間でレベルを平均することで改善できる。

【0025】具体的には、本発明の適応アンテナ受信装置は、同一キャリアの複数ユーザの多重信号を複数アンテナで受信し、アンテナ指向性ビームを適応的に形成して希望ユーザ信号を受信するとともに他ユーザ干渉信号を抑圧する適応アンテナ受信装置において、アンテナ重み係数の適応制御に用いる誤差信号を生成するための参照信号のレベルをビーム形成前の各アンテナの受信レベルに基づいて決定することを特徴とする。

【0026】本発明の適応アンテナ受信装置は、符号分割多重アクセス（CDMA）信号を複数アンテナで受信し、アンテナ指向性ビームを適応的に形成して希望ユーザ信号を受信するとともに他ユーザ干渉信号を抑圧する適応アンテナ受信装置において、アンテナ重み係数の適応制御に用いる誤差信号を生成するための参照信号のレベルをビーム形成前の各アンテナの受信レベルに基づき決定する。

【0027】本発明の適応アンテナ受信装置は、符号分割多重アクセス（CDMA）信号を複数アンテナで受信し、アンテナ指向性ビームを適応的に形成して希望ユーザ信号を受信するとともに他ユーザ干渉信号を抑圧する適応アンテナ受信装置において、アンテナ重み係数の適応制御に用いる誤差信号を生成するための参照信号のレベルをビーム形成前の各アンテナの各パス受信レベルの総和に基づき決定する。

【0028】本発明の適応アンテナ受信装置は、符号分割多重アクセス（CDMA）信号を複数アンテナで受信し、アンテナ指向性ビームを適応的に形成して希望ユーザ信号を受信するとともに他ユーザ干渉信号を抑圧する適応アンテナ受信装置において、アンテナ重み係数の適応制御に用いる誤差信号を生成するための参照信号のレベルをビーム形成前の各アンテナの各パス受信レベルに基づきパス毎に決定する。

【0029】本発明の適応アンテナ受信装置は、符号分割多重アクセス（CDMA）信号を複数アンテナで受信し、アンテナ指向性ビームを適応的に形成して希望ユーザ信号を受信するとともに他ユーザ干渉信号を抑圧する適応アンテナ受信装置において、アンテナ毎の逆拡散信

号を受信信号として入力しアンテナ指向性ビームをバス毎に形成するビームフォーマーと、前記ビームフォーマーのバス毎のビームフォーマー出力を合成する合成器と、前記合成器の出力を送信信号に判定する判定器と、判定信号と既知参照信号を切り替えて参照信号を出力するスイッチと、前記受信信号を入力し各バスの受信レベルを検出する受信レベル検出手段と、前記受信レベル検出手段の出力である各バスの受信レベルを合成する合成器と、前記合成器の出力である参照信号レベルを前記参照信号に乗算する乗算器と、前記合成器の出力から前記乗算器の出力を減算し誤差信号を生成する減算器と、前記受信信号と前記誤差信号を入力しアンテナ重み係数を計算しビームフォーマーへ出力する適応制御手段を有する。

【0030】本発明の適応アンテナ受信装置において、前記受信レベル検出手段は、バス毎に各アンテナの伝送路を推定するアンテナ素子毎伝送路推定手段と、前記アンテナ素子毎伝送路推定手段の出力の絶対値を計算する振幅検出手段と、前記振幅検出手段の出力をアンテナ素子間で平均するアンテナ素子間平均手段と、前記アンテナ素子間平均手段の出力を二乗する二乗手段を有する。

【0031】本発明の適応アンテナ受信装置は、符号分割多重アクセス（CDMA）信号を複数アンテナで受信し、アンテナ指向性ビームを適応的に形成して希望ユーザ信号を受信するとともに他ユーザ干渉信号を抑圧する適応アンテナ受信装置において、アンテナ毎の逆拡散信号を受信信号として入力しアンテナ指向性ビームをバス毎に形成するビームフォーマーと、前記ビームフォーマーのバス毎のビームフォーマー出力を合成する合成器と、前記合成器の出力を送信信号に判定する判定器と、判定信号と既知参照信号を切り替えて参照信号を出力するスイッチと、前記受信信号を入力し各バスの受信レベルを検出する受信レベル検出手段と、前記受信レベル検出手段の出力である各バスの受信レベルを参照信号レベルとして前記参照信号に乗算する乗算器と、前記ビームフォーマーの出力から前記乗算器の出力を減算し誤差信号をバス毎に生成する減算器と、前記受信信号と前記誤差信号を入力しアンテナ重み係数を計算しビームフォーマーへ出力する適応制御手段を有する。

【0032】本発明の適応アンテナ受信装置において、前記受信レベル検出手段は、バス毎に各アンテナの伝送路を推定するアンテナ素子毎伝送路推定手段と、前記アンテナ素子毎伝送路推定手段の出力の絶対値を計算する振幅検出手段と、前記振幅検出手段の出力をアンテナ素子間で平均するアンテナ素子間平均手段を有する。

$$\mathbf{w}_{NLMS}(i, j, n+1) = \mathbf{w}_{NLMS}(i, j, n) + \frac{\lambda_{NLMS}}{P(i, n)} \mathbf{x}(i, j, n) h_n(i, n) e^*(n)$$

$\mathbf{x}(i, j, n)$  は、各アンテナ受信信号の逆拡散信号、 $P(i, n)$  はバス毎の各アンテナの逆拡散信号の総電力、 $h_n(i, n)$  は振幅 1 に正規化した伝送路推

【0033】

【発明の実施の形態】本発明の第 1 の実施形態について図 1 を用いて説明する。ビームフォーマー 1-1~1-L は、各バスタイミングで希望ユーザの拡散符号を用いて逆拡散した逆拡散信号を入力とし、複素数の重み付け合成を行うことでバス毎に指向性ビームを形成する。図 6 にビームフォーマー 1-1~1-L の実施例を示す。複素乗算器 61-1~61-N（N はアンテナ素子数）と合成器 62 は、ビームフォーマーの基本部分を構成している。

【0034】伝送路推定手段 63、複素共役手段 64、複素乗算器 65 は、伝送路補正手段 66 を構成しており、合成器 62 の出力であるビーム形成された受信信号を用いて、伝送路の振幅、位相変動の補正を行う。この機能は伝送路変動が遅い場合には必要なく、アンテナ重み係数自体で伝送路の振幅、位相変動を補正できる。

【0035】伝送路変動が速い場合には適応制御によるアンテナ重み係数更新速度では伝送路補正が間に合わないため、伝送路補正機能を別に分離して、アンテナ重み係数では希望信号の伝送路補正は行わず、信号の到来方向のみを追従する長時間平均したビーム形成を行う。伝送路補正手段 66 は、ビーム形成機能には直接関係しないが、ここでは便宜上、ビームフォーマー 1-1~1-L に含めている。伝送路推定手段 63 の出力である伝送路推定値は、適応制御手段 7-1~7-L でも用いられる。

【0036】合成器 2 は、ビームフォーマー 1-1~1-L の出力を合成する。判定器 3 は、受信信号を送られた可能性の最も高い送信シンボルに判定する。スイッチ 4 は、既知参照信号がある場合には既知参照信号を、既知参照信号がない場合には判定信号を参照信号として用いるように切り替える。既知参照信号がなく判定信号のみを用いる場合、あるいは時間的に既知参照信号がない場合には判定信号を用いず既知参照信号のみを用いる場合も当然考えられる。

【0037】乗算器 5 は、参照信号のレベルを乗算する。減算器 6 は、参照信号から受信信号を減算し誤差信号を生成する。適応制御手段 7-1~7-L は、ビームフォーマー 1-1~1-L で用いられるアンテナ重み係数を、誤差信号とビーム形成前の各アンテナの受信信号を用いて適応制御で求める。

【0038】適応制御手段 7-1~7-L の一例として、NLMS アルゴリズムを用いたアンテナ重み係数  $w_{NLMS}(i, j, n)$ 、（ $i$  はバス番号、 $j$  はアンテナ番号、 $n$  はシンボル番号）は以下の式で更新される。

【数 3】

定値であり、ビームフォーマー 1-1~1-L から供給されるバス毎の伝送路推定値を用いて計算される。正規化せずに伝送路推定値をそのまま用いる方法もある。λ

10

20

30

40

50

NLMSはNLMSのステップサイズである。

【0039】適応制御手段7-1~7-Lにおけるアンテナ重み係数の更新法には上式に示される方法以外にも様々なアルゴリズム、それらを基本とした変形が存在するが、本件特許発明の本質とは直接関係ないのでその具体的方法については省略する。e(n)は誤差信号であり次式で表される。

$$e(n) = A(n) z_R(n) - z(n)$$

ここで、z(n)は受信信号、z\_R(n)は参照信号で判定信号、あるいは既知参照信号である。A(n)は参照信号レベルである。

【0040】図1において、参照信号レベルA(n)はビームフォーマー1-1~1-Lの入力である各アンテナの受信信号に基づき計算される。受信レベル検出手段8-1~8-Lは、各アンテナ毎の伝送路推定値からパス毎の受信レベルを検出し、加算器9は、各パスの受信レベルを加算する。

【0041】図3に受信レベル検出手段8-1~8-Lの一例を示す。アンテナ素子毎伝送路推定手段4-1は、アンテナ素子毎に伝送路推定を行い、伝送路推定値(複素数)を求める。振幅検出手段4-2は、伝送路推定値(複素数)の絶対値(振幅)を検出する。アンテナ素子間平均手段4-3は、振幅検出手段4-2の出力である各アンテナの受信レベルをアンテナ間で平均化する。二乗手段4-4は、アンテナ素子間平均手段4-3の出力の二乗(電力)を計算する。

【0042】したがって参照信号レベルA(n)は次式で表される。

【数4】

$$A(n) = \sum_{i=1}^L \left( \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |h_{EL}(i, j, n)|^2 \right)$$

ここで、h\_EL(i, j, n)は各アンテナ素子毎の伝送路推定値(複素数)である。アンテナ素子毎伝送路推定手段4-1、アンテナ素子間平均手段4-3は、必ずしも全素子Nについて行う必要はなく、SINRの改善特性と演算量を考慮して設計される。

【0043】本発明の第2の実施の形態を図2に示す。第2の実施形態は第1の実施形態に類似しているが、各パス毎に適応制御の誤差信号を生成する特徴がある。ビームフォーマー2-1~2-L、合成器2-2、判定器2-3、スイッチ2-4は、第1の実施形態のビームフォーマー1-1~1-L、合成器2、判定器3、スイッチ4と同様である。

【0044】乗算器2-6~2-Lは、ビームフォーマー2-1~2-Lの出力である伝送路推定値を振幅1に正規化した値と参照信号を乗算する。乗算器2-7~2-Lは、位相補正した参照信号に参照信号のレベルを乗算する。減算器2-8~2-Lは、参照信号から各パスの受信信号、すなわち図6における位

相補正前ビームフォーマー出力を減算し誤差信号を生成する。

【0045】適応制御手段2-9~2-Lは、ビームフォーマー2-1~2-Lで用いられるアンテナ重み係数を誤差信号とビーム形成前の各アンテナの受信信号を用いて適応制御で求める。

【0046】適応制御手段2-9~2-Lの一例として、NLMSアルゴリズムを用いたアンテナ重み係数w\_NLMS(i, j, n)、(iはパス番号、jはアンテナ番号、nはシンボル番号)は以下の式で更新される。

【数5】

$$w_{NLMS}(i, j, n+1) = w_{NLMS}(i, j, n) + \frac{\lambda_{NLMS}}{P(i, n)} x(i, j, n) e^*(i, n)$$

ここで、x(i, j, n)は各アンテナ受信信号の逆拡散信号、P(i, n)はパス毎の各アンテナの逆拡散信号の総電力、λ\_NLMSはNLMSのステップサイズである。

【0047】適応制御手段2-9~2-Lにおけるアンテナ重み係数の更新法には上式に示される方法以外にも様々なアルゴリズム、それらを基本とした変形が存在するが、本件特許発明の本質とは直接関係しないのでその具体的説明は省略する。e(n)は誤差信号であり次式で表される。

$$e(i, n) = A(i, n) h_n(i, n) z_R(n) - z(i, n)$$

ここで、z(i, n)はパス毎の受信信号、すなわち位相補正前のビームフォーマー出力、z\_R(n)は参照信号で判定信号、あるいは既知参照信号である。A(i, n)はパス毎の参照信号レベルである。

【0048】図2において、パス毎の参照信号レベルA(i, n)はビームフォーマー2-1~2-Lの入力である各アンテナの受信信号に基づき計算される。受信レベル検出手段3-0~3-Lは、各アンテナ毎の伝送路推定値からパス毎の受信レベルを検出する。

【0049】図4に受信レベル検出手段3-0~3-Lの一例を示す。アンテナ素子毎伝送路推定手段5-1は、アンテナ素子毎に伝送路推定を行い、伝送路推定値(複素数)を求める。振幅検出手段5-2は、伝送路推定値(複素数)の絶対値(振幅)を検出する。アンテナ素子間平均手段5-3は、振幅検出手段5-2の出力である各アンテナの受信レベルをアンテナ間で平均化する。

【0050】したがってパス毎の参照信号レベルA(i, n)は次式で表される。

【数6】

$$A(i, n) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |h_{EL}(i, j, n)|$$

ここで、h\_EL(i, j, n)は各アンテナ素子毎の伝送路推定値(複素数)である。アンテナ素子毎伝送路推

定手段51、アンテナ素子間平均手段53は、必ずしも全素子Nについて行う必要はなく、SINRの改善特性と演算量を考慮して設計される。

【0051】本発明は、伝送路変動が速く適応制御で伝送路補正が間に合わない場合、すなわちビームフォーマー1-1～1-Lで伝送路補正手段66を分離し有する構成において特に有効であるが、本発明はそれに限定されるものではなく、アンテナ重み係数自体で伝送路変動を補正できる場合、すなわちビームフォーマー1-1～1-Lで伝送路補正手段66を有しない構成（適応アンテナの基本的構成）に適用してもよい。

【0052】なお、実施例では、多重信号としてCDMA信号を用いているが、本発明はCDMAを用いる場合に限定されるものではなく、受信信号としてCDMA信号以外の例えば符号拡散を行わないFDMA信号、TDMA信号等を用いる場合にも適用可能である。

【0053】

【発明の効果】本発明では、ビーム形成前の各アンテナの信号レベルを参照信号に乗じているので、フェージング環境などで参照信号を受信レベルに応じて即応的に変化させ適応制御の安定化を図ることができる。

【0054】また本発明によれば、特に、高速送信電力制御（TPC）を併用している場合に、初期収束過程で希望信号を抑圧し、TPCが発散してしまう現象を抑えることができ、希望信号の到来方向変化に対して適応制御本来の追従能力を発揮できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態を示すブロック図である。

【図2】本発明の他の実施形態を示すブロック図である。

【図3】本発明の受信レベル検出手段を示すブロック図である。

【図4】本発明の別の受信レベル検出手段を示すブロック図である。

【図5】従来の受信レベル検出手段を示すブロック図である。

【図6】ビームフォーマーの一例を示すブロック図である。

【図7】従来の適応アンテナ受信装置の一例を示すブロック図である。

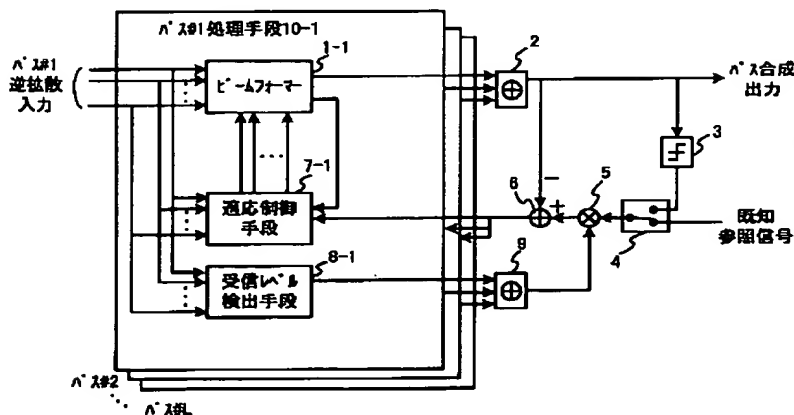
【図8】従来の適応アンテナ受信装置の別の例を示すブロック図である。

【図9】適応アンテナ受信装置によるビームパターンの一例を示す図である。

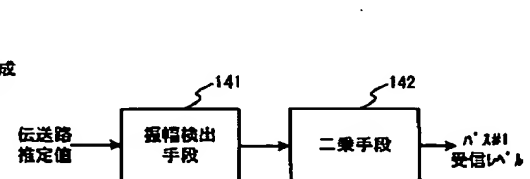
【符号の説明】

1-1～1-L、21-1～21-L、101-1～101-L、121-1～121-L ビームフォーマー  
2、9、22、62、102、122、129 合成器  
3、23、103、123 判定器  
4、24、104、124 スイッチ  
5、26-1～26-L、27-12～7-L、61-1～61-N、65、125 乗算器  
6、28-1～28-L、105、126 減算器  
7-1～7-L、29-1～29-L、106-1～106-L、127-1～127-L 適応制御手段  
8-1～8-L、30-1～30-L、128-1～128-L 受信レベル検出手段  
10-1～10-L、31-1～31-L、107-1～107-L、131-1～131-L パス処理手段  
25-1～25-L 正規化手段  
41、51 アンテナ素子毎伝送路推定手段  
42、52、141 振幅検出手段  
43、53 アンテナ素子間平均手段  
44、142 二乗手段  
63 伝送路推定手段  
64 複素共役手段  
66 伝送路補正手段  
130 平均手段

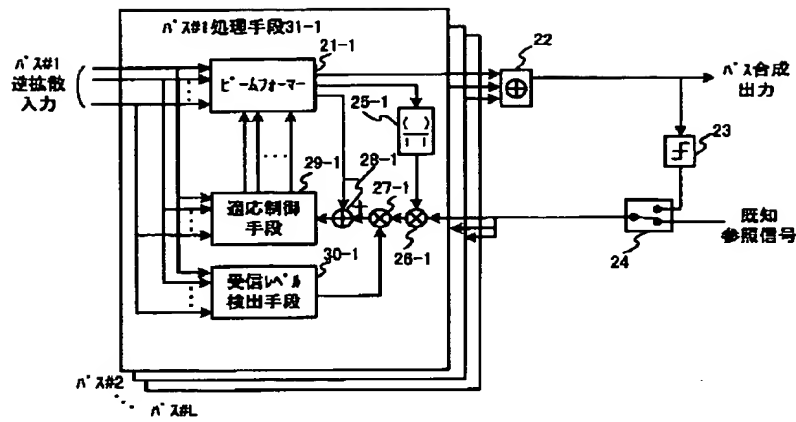
【図1】



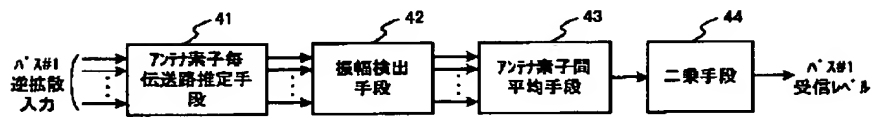
【図5】



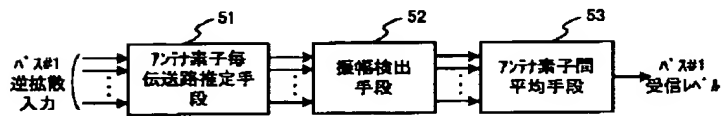
【図2】



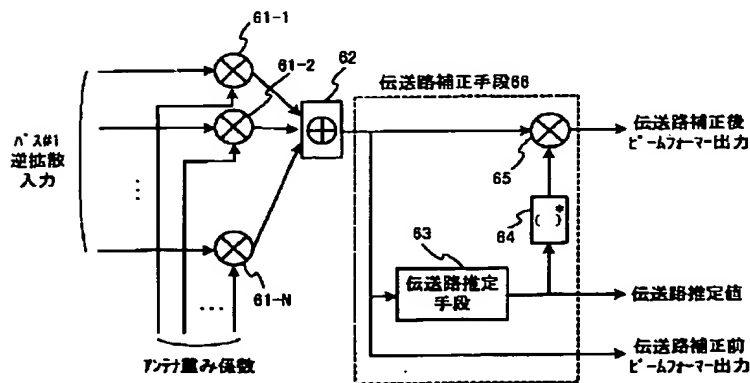
【図3】



【図4】

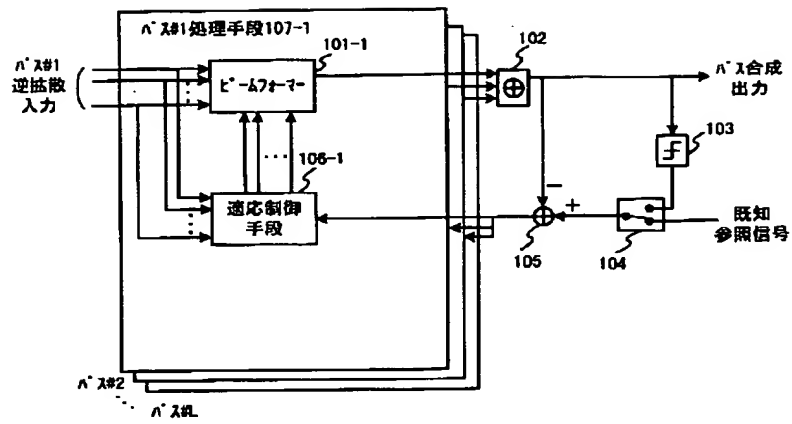


【図6】

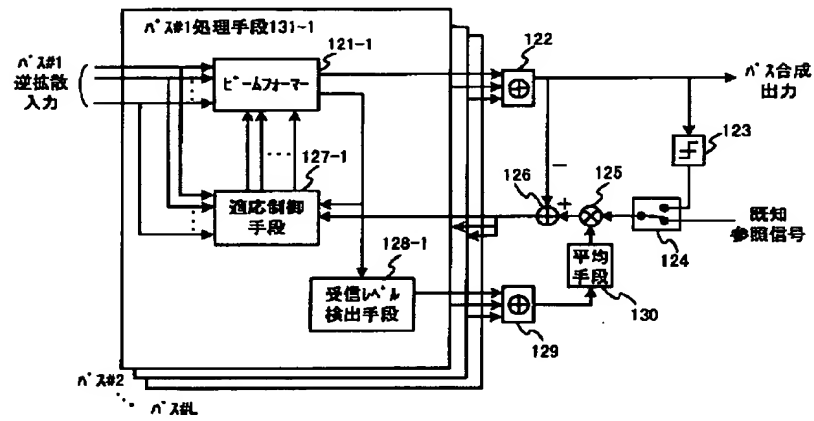




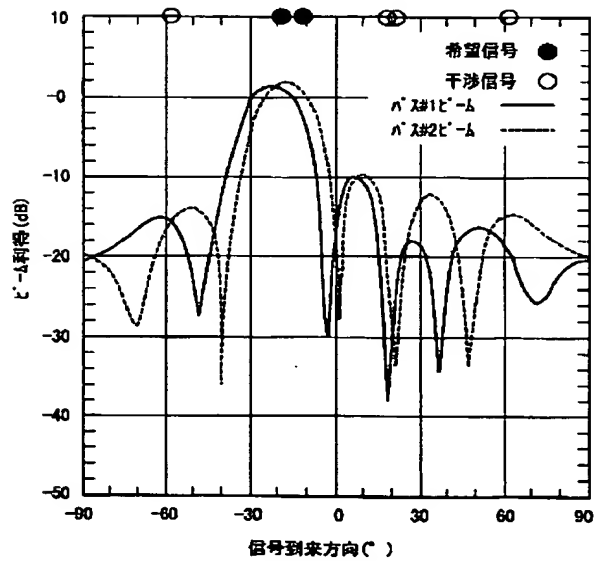
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト' (参考)
H 0 4 B 1/707		H 0 4 J 13/00	D

F ターム (参考) 5J021 AA05 AA11 DB02 DB03 FA15  
FA16 FA20 FA31 FA32 GA02  
HA05  
5K022 EE01 EE31  
5K059 CC03 CC07 DD31  
5K067 AA02 BB02 CC10 CC24 DD44  
EE10 KK02 KK03